

## Beschreibung

Verfahren zur Schätzung von in einem Funkblock über einen Funkkanal gesendeten Dateneinheiten sowie empfangende Station

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schätzung von in einem Funkblock über einen Funkkanal gesendeten Dateneinheiten, sowie eine entsprechende empfangende Station.

- 10 In Funk-Kommunikationssystemen werden Informationen (beispielsweise Sprache, Bildinformation oder andere Daten) mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen über eine Funkschnittstelle zwischen einer Basisstation und einer Mobilstation übertragen. Das Abstrahlen der elektromagnetischen Wellen erfolgt dabei mit Trägerfrequenzen, die in dem für das jeweilige System vorgesehenen Frequenzband liegen.

- Das Grundprinzip von Vielfachträger (multi carrier)-Verfahren besteht darin, hochratige Informationsströme auf eine Anzahl von Strömen mit niedrigerer Rate aufzuteilen. Diese Ströme mit niedrigerer Rate werden simultan über eine Anzahl von Unterträgern übertragen. Bei dieser Übertragung treten Inter-symbol-Interferenz (Inter Symbol Interference, ISI) und ein Übersprechen der Unterträger (Inter Carrier Interference, ICI) auf. Eine Möglichkeit dem Übersprechen der Unterträger zu begegnen, besteht darin, orthogonale, frequenzseparierte Unterträger zu verwenden. Intersymbol-Interferenzen können in der Regel dadurch gänzlich eliminiert werden, dass zu jedem Symbol ein Schutzzeitintervall (Guard Period) angefügt wird.
- 25 Im Schutzzeitintervall wird das Symbol zyklisch ausgedehnt, um ein Übersprechen der Unterträger zu vermeiden. Wenn ein Übersprechen der Unterträger vorhanden ist, bedeutet dies, dass die Unterträger nicht zu einander orthogonal sind.

- 35 Eine Variante des Vielfachträger-Verfahrens mit orthogonalen, frequenzseparierten Unterträgern stellt das OFDM-Verfahren

dar (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Die Inter-symbol-Interferenz wird hervorgerufen durch Mehrwegeausbreitungen. Bei der OFDM basierten Informationsübertragung in Funkkommunikationssystemen entsteht ein OFDM-Symbol, indem

5 Nutzdaten auf Unterträger moduliert werden. Dies geschieht durch Anwendung der Inversen Fast-Fourier-Transformation (IFFT) auf die Nutzdaten. Anschließend wird entweder ein zyklisches Präfix (Cyclic Prefix, CP) vor jedes Symbol gestellt oder es werden 0-Informationen an jedes Symbol angehängt (Zero

10 Padding, ZP). Durch Mehrwegeausbreitung im Funkkanal können nachfolgende OFDM-Symbole interferieren.

Um die Nutzdaten aus den empfangenen Daten zurück zu gewinnen, können folgende Methoden genutzt werden: Im CP-Fall werden

15 Teile des empfangenen OFDM-Symbols ignoriert, so dass benachbarte OFDM-Symbole möglichst interferenzfrei sind. Auf die verbleibenden Daten eines OFDM-Symbols wird die Fast-Fourier-Transformation (FFT) angewendet und anschließend durch den Wert der Übertragungsfunktion des Funkkanals an der

20 jeweiligen Unterträgerfrequenz geteilt. Damit können die Nutzdaten zurück gewonnen werden.

Der ZP-Fall kann durch geeignetes Anfügen der Empfangsdaten auf den CP-Fall zurückgeführt werden, so dass die Daten auf

25 die gleiche Weise zurückgewonnen werden können. Weiterhin können im ZP-Fall die Nutzdaten durch Lösen eines überbestimmten Gleichungssystems anhand geeigneter Kriterien - wie beispielsweise Least Squares (LS) oder Minimum Mean Square Error (MMSE) - geschätzt werden.

30 Der Nutzen des CP liegt darin, dass benachbarte OFDM-Symbole nicht interferieren und die Unterträger nicht überschneiden, wenn das CP lang genug gewählt wird, dass heißt zumindest solange wie die maximale Kanalverzögerung (Delay Spread, DS).

35 Weiterhin wird eine rechnerisch sehr effiziente Datenschätzung möglich. Gleiches gilt für den ZP-Fall.

Die Einfügung von Schutzzeitintervallen wie im Fall von CP oder ZP führen zu einer Verringerung der effektiven Datenrate der Nutzinformationen. Weiterhin wird im Fall des CP ein erheblicher Teil der Sendeleistung zum Senden eines CP verwendet, was besonders in mobilen Übertragungsverfahren unerwünscht ist. In Funksystemen nach Hiperlan/2 (High Performance Radio Local Area Network Type 2) macht das CP 20% der OFDM-Symbolzeit aus.

10 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein vorteilhaftes Verfahren zur Datenschätzung anzugeben, das eine Übertragung von Dateneinheiten ohne Schutzzeitintervalle ermöglicht.

15 Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren sowie der empfangenden Station gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

20

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Schätzung von in einem Funkblock über einen Funkkanal gesendeten Dateneinheiten wird aufgrund der gesendeten Dateneinheiten in einer empfangenden Station eine Signalfolge empfangen. Die Komponenten  
25 der empfangenen Signalfolge werden in der zeitlichen Reihenfolge ihres Empfangs mindestens einem ersten und einem zweiten Signalblock zugeordnet und blockweise verarbeitet, wobei die Signalblöcke derart überlappen, dass wenigstens eine Komponente der empfangenen Signalfolge beiden Signalblöcken angehört und Schätzwerte werden für die gesendeten Dateneinheiten  
30 anhand der Komponenten beider Signalblöcke bestimmt. Die Verwendung überlappender Signalblöcke zur Schätzung der gesendeten Dateneinheiten ermöglicht es auf Schutzzeitintervall

le zwischen einzelnen Dateneinheiten zu verzichten. Insbesondere können mehrere Funkblöcke hintereinander ohne Schutzzeitintervalle gesendet und von der empfangenen Station ausgewertet, d. h. geschätzt werden.

5

Vorteilhafter Weise erfolgt die Überlappung der Signalblöcke derart, dass für wenigstens eine gesendete Dateneinheit anhand beider Signalblöcke jeweils ein Schätzwert ermittelt wird. Für die wenigstens eine gesendete Dateneinheit kann nun  
10 beispielsweise ein Mittelwert der Schätzwerte verwendet und somit eine verbesserte Schätzung erreicht werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird nach Ermittlung der beiden Schätzwerte ausschließlich der anhand  
15 eines der beiden Signalblöcke ermittelte Schätzwert für die wenigstens eine gesendete Dateneinheit verwendet. Ist einer der beiden Schätzwerte wesentlich schlechter als der andere Schätzwert, wird derjenige Schätzwert, der den größten Fehler aufweist verworfen. Die Auswahl zwischen den beiden Schätz-  
20 werten ermöglicht in diesem Fall eine bessere Schätzung als dies beispielsweise durch eine Mittelung oder durch Verfahren möglich wäre, die nur einen Schätzwert für die wenigstens eine gesendete Dateneinheit liefern.

25 In einer Ausgestaltung wird den Signalblöcken jeweils eine zyklische Übertragungsmatrix zugeordnet und die Schätzwerte werden durch eine Multiplikation der Signalblöcke mit der jeweiligen inversen Übertragungsmatrix berechnet. Die Verwendung einer zyklischen Übertragungsmatrix bzw. der entsprechenden inversen Übertragungsmatrix ermöglicht eine besonders  
30 einfache Berechnung der Schätzwerte.

In einer alternativen Ausgestaltung wird den Signalblöcken jeweils eine Übertragungsmatrix mit Töplitzstruktur und Bandstruktur zugeordnet und die Schätzwerte werden durch eine Multiplikation der Signalblöcke mit der jeweiligen pseudoinversen Übertragungsmatrix berechnet. Die Verwendung einer Übertragungsmatrix mit Töplitz- und Bandstruktur bzw. der entsprechenden pseudoinversen Übertragungsmatrix hat den Vorteil, dass die Übertragungsmatrix vollen Spaltenrang hat und daher sichergestellt ist, dass die pseudoinverse Übertragungsmatrix immer existiert. Weiterhin können bei der erfindungsgemäßen Verwendung einer pseudoinversen Übertragungsmatrix zur Berechnung der Schätzwerte Fehlerraten für die Schätzwerte der gesendeten Dateneinheiten erreicht werden, die ebenso gering sind wie bei Datenübertragungen, die in bekannter Weise Schutzzeitintervalle zwischen einzelnen Dateneinheiten bzw. zwischen einzelnen Funkblöcken einfügen. Es kann somit erfindungsgemäß eine höhere Datenrate erreicht werden als bei bekannten Systemen ohne jedoch an Übertragungsqualität einzubüßen.

20

Die erfindungsgemäße empfangende Station weist alle zur Durchführung des Verfahrens benötigten Merkmale auf.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Datenübertragung von einer sendenden an eine empfangende Station,

30

Fig. 2 eine erste Matrixdarstellung einer erfindungsgemäßen Datenschätzung,

Fig. 3 eine zweite Matrixdarstellung einer erfindungsgemäßen Datenschätzung,

Fig. 4 eine dritte Matrixdarstellung einer erfindungsgemäßen Datenschätzung und

Fig. 5 Blockfehlerraten in Abhängigkeit von einem Signal-zu-Rausch-Verhältnis für erfindungsgemäße Datenschätzungen mit unterschiedlichen Parametern.

Gleiche Bezugszeichen in den Figuren bezeichnen gleiche Gegenstände.

15 Eine empfangende Station ist jede Station, die Signale empfangen kann. Im nachfolgenden wird als empfangende Station eine Basisstation betrachtet. Selbstverständlich kann eine empfangende Station auch eine Mobilstation sein. Eine Mobilstation ist beispielsweise ein Mobiltelefon oder auch eine

20 ortsbewegliche Vorrichtung zur Übertragung von Bild- und/oder Tondaten, zum Fax-, Short Message Service SMS- und Email-Versand und zum Internet-Zugang. Es handelt sich mithin um eine allgemeine Empfangseinheit eines Funkkommunikationssystems.

25

Die Erfindung kann vorteilhaft in beliebigen Funkkommunikationssystemen verwendet werden. Unter Funkkommunikationssystemen sind beliebige Systeme zu verstehen, in denen eine Datenübertragung zwischen Stationen über eine Funkschnittstelle

30 erfolgt. Die Datenübertragung kann sowohl bidirektional als auch unidirektional erfolgen. Funkkommunikationssysteme sind insbesondere beliebige Mobilfunksysteme beispielsweise nach dem GSM-(Global System for Mobile Communication) oder dem

UMTS-(Universal Mobile Telecommunication System) Standard. Auch zukünftige Mobilfunksysteme beispielsweise der vierten Generation und Vielträger-Systeme mit einem OFDM-Verfahren oder Einzelträgersysteme mit zyklischem Prefix (CP) bzw. 0-  
5 Informationen (ZP) sollen unter Funkkommunikationssystemen verstanden werden.

In Figur 1 ist schematisch eine Datenübertragung von einer sendenden Station MS an eine empfangende Station BS dargestellt. Die sendende Station MS sendet einen Funkblock d, der  
10 aus acht Dateneinheiten d11, d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24 besteht über einen Funkkanal an die empfangende Station BS. Aufgrund von Mehrwegeausbreitung beispielsweise über drei Wege W1, W2, W3, empfängt die empfangende Station BS eine  
15 Signalfolge S bestehend aus zehn Komponenten K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10. Die empfangende Station BS weist eine Sende- und Empfangseinheit SE sowie eine Auswerteeinheit P zur Speicherung der empfangenen Signalfolge S und zur Schätzung der gesendeten Dateneinheiten d11, d12, d13, d14, d21,  
20 d22, d23, d24 auf. Der Funkkanal kann durch eine Kanalimpulsantwort h beschrieben werden, die sich in diesem Beispiel aus drei Komponenten h1, h2, h3 zusammensetzt, d. h. die Länge  $L=3$  aufweist. Die Länge  $L=3$  bedeutet dabei, dass die zuerst gesendete Dateneinheit d11 aufgrund der Mehrwegeausbreitung  
25 noch mit den nachfolgenden zwei gesendeten Dateneinheiten d12, d13 interferiert. Die Wirkung des Funkkanals auf die Übertragung des Funkblocks d lässt sich mathematisch durch eine aus der Kanalimpulsantwort h bestimmte Systemmatrix H beschreiben.

30

In Figur 2 ist eine Matrixdarstellung für die Datenübertragung von der sendenden Station BS an die empfangende Station BS dargestellt. Die empfangene Signalfolge S kann durch eine

Multiplikation von Systemmatrix  $H$  und Funkblock  $d$  ausgedrückt werden. In den Komponenten  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{10}$  der Signalfolge  $S$  sind die Interferenzen zwischen den gesendeten Dateneinheiten  $d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{21}, d_{22}, d_{23}, d_{24}$  enthalten. Die zeitliche Reihenfolge des Empfangs der Komponenten  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{10}$  der Signalfolge  $S$  entspricht der Nummerierung von eins bis zehn.

Zur Schätzung der gesendeten Dateneinheiten  $d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{21}, d_{22}, d_{23}, d_{24}$  bildet die empfangende Station  $BS$  einen ersten Signalblock  $X_1$  mit Komponenten  $X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}$  aus den ersten sechs Komponenten  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  der Signalfolge  $S$  und einen zweiten Signalblock  $X_2$  mit den Komponenten  $X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}$  aus den letzten sechs Komponenten  $K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{10}$  der Signalfolge  $S$ . Die letzten beiden Komponenten  $X_{15}, X_{16}$  des ersten Signalblocks  $X_1$  entsprechen dabei den ersten beiden Komponenten  $X_{21}, X_{22}$  des zweiten Signalblocks  $X_2$ , d. h.  $X_{15}=X_{21}$  und  $X_{16}=X_{22}$ . Den beiden Signalblöcken  $X_1, X_2$  wird jeweils eine Übertragungsmatrix  $H_1, H_2$  zugeordnet. Die Multiplikation der jeweiligen Übertragungsmatrix  $H_1, H_2$  mit einem ersten bzw. einem zweiten Sendeblock  $d_1, d_2$  der gesendeten Dateneinheiten  $d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{21}, d_{22}, d_{23}, d_{24}$  ergibt jeweils den ersten bzw. zweiten Signalblock  $X_1, X_2$  unter Vernachlässigung der Interferenz zwischen den beiden Sendeblocken  $d_1, d_2$ . Der erste Sendeblock  $d_1$  besteht aus den ersten vier Dateneinheiten  $d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_{14}$  des Funkblocks  $d$ , und der zweite Sendeblock  $d_2$  besteht aus den letzten vier Dateneinheiten  $d_{21}, d_{22}, d_{23}, d_{24}$  des Funkblocks  $d$ .

30

Die Bezeichnung der Komponenten der Sendeblocke und der Signalblöcke ist so gewählt, dass die erste Zahl die Zuordnung zu dem entsprechenden Block ermöglicht, während die zweite



Zahl die Position innerhalb des Blocks angibt. X13 ist somit die dritte Komponente X13 des ersten Signalblocks X1.

Sowohl die Systemmatrix H als auch die Übertragungsmatrizen  
5 H1, H2 haben Töplitzstruktur und Bandstruktur, d. h. sie haben vollen Spaltenrang und eine pseudoinverse Übertragungsmatrix existiert für diese Übertragungsmatrizen immer. Eine Matrix hat Bandstruktur wenn ein rechter oberer Dreiecksteil und ein linker unterer Dreiecksteil der Matrix ausschließlich  
10 Nullen enthält. Eine Matrix hat Töplitzstruktur, wenn alle Komponenten innerhalb der Diagonalen den gleichen Wert haben.

Die empfangende Station BS schätzt nun die gesendeten Dateneinheiten d11, d12, d13, d14 des ersten Sendeblocks d1 durch  
15 Multiplikation des ersten Signalblocks X1 mit der pseudoinversen Übertragungsmatrix  $H1^\#$  der ersten Übertragungsmatrix H1. In gleicher Weise werden die gesendeten Dateneinheiten d21, d22, d23, d24 des zweiten Sendeblocks d2 durch Multiplikation des zweiten Signalblocks X2 mit der pseudoinversen Übertragungsmatrix  $H2^\#$  der zweiten Übertragungsmatrix H2 ge-  
20 schätzt. Es gilt:  $H1^\# * X1 = d1'$  und  $H2^\# * X2 = d2'$ . Dabei bezeichnen  $d1'$  und  $d2'$  geschätzte Sendeblocke  $d1'$  und  $d2'$ , d. h. die Schätzwerte für die gesendeten Dateneinheiten d11, d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24 des Funkblocks d.

25

Die Erfindung ermöglicht, dass in Systemen, die bisher Schutzzeitintervalle zwischen Sendeblocken verwenden, wie beispielsweise OFDM-Systemen oder blockbasierten Einzelträgersystemen mit zyklischem Prefix (CP) bzw. 0-Informationen  
30 (ZP), auf Schutzzeitintervalle verzichtet werden kann. In dem zu Figur 2 beschriebenen Ausführungsbeispiel nehmen zwar Interferenzen zwischen den beiden Sendeblocken d1, d2 durch den

Verzicht auf ein Schutzzeitintervall zu, aber die Übertragungskapazität, d. h. die Datenrate wird erhöht.

Um weiterhin die Interferenzen zwischen den als ein Funkblock  
5 d, d. h. ohne Schutzzeitintervalle übertragenen Sendeblocken  
d1, d2 bei der Schätzung der gesendeten Dateneinheiten d11,  
d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24 zu eliminieren, wird in ei-  
ner in Figur 3 dargestellten bevorzugten Ausgestaltung der  
Erfindung eine spezielle Bildung von Signalblöcken verwendet.

10

Figur 3 zeigt schematisch die spezielle Bildung von Signal-  
blöcken, die eine Schätzung der gesendeten Dateneinheiten  
d11, d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24 ermöglicht, die Feh-  
lerraten aufweist, wie sie bisher nur bei Verwendung von  
15 Schutzzeitintervallen erreicht wurde.

Der bereits zu den Figuren 1 und 2 beschriebene Funkblock d  
wird über den gleichen Funkkanal mit der Kanalimpulsantwort h  
der Länge  $L=3$  übertragen und führt wiederum zum Empfang der  
20 Signalfolge S.

Zur Schätzung der in dem Funkblock d gesendeten Dateneinhei-  
ten d11, d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24 werden nun drei  
Signalblöcke X1, X2, X3 gebildet. Die ersten beiden Signal-  
25 blöcke X1, X2 sind die gleichen Signalblöcke X1, X2 wie be-  
reits zu Figur 1 beschrieben. Der dritte Signalblock X3 mit  
den Komponenten X31, X32, X33, X34, X35, X36 wird aus der  
zweiten bis achten Komponente K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8 der  
Signalfolge S gebildet und stimmt somit mit den letzten vier  
30 Komponenten X13, X14, X15, X16 des ersten Signalblocks X1 und  
mit den ersten vier Komponenten X21, X22, X23, X24 des zwei-  
ten Signalblocks X2 überein. Es gilt daher:  $X31=X13$ ,  $X32=X14$ ,  
 $X33=X15=X21$ ,  $X34=X16=X22$ ,  $X35=X23$  und  $X36=X24$ .

Diese Bildung der Signalblöcke  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  lässt sich durch drei überlappende Sendeblocken  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  darstellen, denen jeweils eine Übertragungsmatrix  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  zugeordnet wird.

- 5 Diese virtuellen Sendeblocke werden selbstverständlich nicht gesendet sondern dienen einer Beschreibung des Verfahrens. Gesendet wird der Funkblock  $d$ .

- 10 Dem ersten und zweiten Signalblock  $X_1$ ,  $X_2$  werden die bereits zuvor beschriebenen Übertragungsmatrizen  $H_1$ ,  $H_2$  zugeordnet. Der dritte Signalblock  $X_3$  hat eine dritte Übertragungsmatrix  $H_3$ , die mit der ersten und zweiten Übertragungsmatrix  $H_1$ ,  $H_2$  überlappt.

- 15 Die empfangende Station BS bildet nun zu jeder Übertragungsmatrix  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  die zugehörige pseudoinverse Übertragungsmatrix  $H_1^\dagger$ ,  $H_2^\dagger$ ,  $H_3^\dagger$  und multipliziert diese mit dem entsprechenden Signalblock  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ . Anhand des ersten Signalblocks  $X_1$  ergibt sich ein erster geschätzter Sendeblock  $d_1'$
- 20 mit Schätzwerten für die ersten vier gesendeten Dateneinheiten  $d_{11}$ ,  $d_{12}$ ,  $d_{13}$ ,  $d_{14}$  des Funkblocks  $d$ . Der zweite Signalblock  $X_2$  liefert einen zweiten geschätzten Sendeblock  $d_2'$  mit Schätzwerten für die letzten vier gesendeten Dateneinheiten  $d_{21}$ ,  $d_{22}$ ,  $d_{23}$ ,  $d_{24}$ . Der dritte Signalblock  $X_3$  ergibt einen
- 25 dritten geschätzten Sendeblock  $d_3'$  mit Schätzwerten für die dritte bis sechste gesendete Dateneinheit  $d_{13}$ ,  $d_{14}$ ,  $d_{21}$ ,  $d_{22}$ , d. h. für die letzten gesendeten Dateneinheiten  $d_{13}$ ,  $d_{14}$  des ersten Sendeblocks  $d_1$  und für die ersten beiden gesendeten Dateneinheiten  $d_{21}$ ,  $d_{22}$  des zweiten Sendeblocks  $d_2$ . Aufgrund
- 30 der Interferenzen zwischen den Dateneinheiten der Sendeblocken  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  weisen die ersten und letzten der für die Sendeblocke  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  ermittelten Schätzwerte der gesendeten Dateneinheiten den größten Fehler auf. Für den ersten Sendeblock

block d1 sind dies die Komponenten d11 und d14, für den zweiten Sendeblock d2 die Komponenten d21 und d24 und für den dritten Sendeblock X3 die Komponenten d13 und d22. Daher ergibt sich die beste Schätzung der gesendeten Dateneinheiten d11, d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24, wenn die Schätzwerte mit den größten Fehlern nicht verwendet werden. Verwendet werden daher für die ersten drei gesendeten Dateneinheiten d11, d12, d13 die Schätzwerte, die anhand des ersten Signalblocks X1 bestimmt wurden. Die vierte und fünfte gesendete Dateneinheit d14, d21 wird anhand des dritten Signalblocks X3 bestimmt, während die sechste bis achte gesendete Dateneinheit d22, d23, d24 anhand des zweiten Signalblocks X2 bestimmt wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn vor und nach dem Funkblock d kontinuierlich weitere Funkblöcke gesendet werden. Auf diese Weise können weitere Signalblöcke gebildet werden, die mit dem ersten bzw. dem zweiten Signalblock X1, X2 in gleicher Weise überlappen wie der dritte Signalblock X3. Die erste und die letzte gesendete Dateneinheit d11, d24 können dann anhand des jeweils mit dem ersten bzw. mit dem zweiten Signalblock X1, X2 überlappenden weiteren Signalblocks geschätzt werden. Daraus resultiert eine verbesserte Schätzung für die erste und die letzte gesendete Dateneinheit d11, d24.

Bei einer kontinuierlichen Datenübertragung können erfindungsgemäß, d. h. durch die Verwendung überlappender Signalblöcke bzw. überlappender Übertragungsmatrizen bzw. überlappender (virtueller) Sendeblocke, alle gesendeten Dateneinheiten ebenso gut geschätzt werden wie dies bisher nur bei Verwendung von Schutzzeitintervallen zwischen gesendeten Dateneinheiten bzw. zwischen (reellen) Sendeblocken bzw. zwischen Funkblöcken möglich war.

Selbstverständlich können auch größere Signalblöcke mit mehr als sechs, z. B. 32 oder 64 Komponenten gebildet werden bzw. die Überlappung der Signalblöcke kann größer als vier Komponenten sein. Weiterhin können andere Kanalimpulsantworten  
5 auftreten, die Längen größer als drei aufweisen. Auch unter derart geänderten Übertragungsbedingungen kann die Erfindung in gleicher Weise angewendet werden.

Statt der Zuordnung von Übertragungsmatrizen mit Töplitz-  
10 struktur und Bandstruktur, können den überlappenden Signalblöcken auch zyklische Übertragungsmatrizen zugeordnet werden. Mit diesen kann einfacher gerechnet werden als mit Töplitz-Übertragungsmatrizen, allerdings lassen sich mit Töplitz-Übertragungsmatrizen geringere Fehlerraten erreichen als  
15 mit zyklischen Übertragungsmatrizen.

In Figur 4 ist für die Übertragung des Funkblocks d aus Figur 2 bzw. Figur 3 die Zuordnung von zyklischen Übertragungsmatrizen C1, C2, C3 zu entsprechend überlappenden Signalblöcken  
20 Y1, Y2, Y3 dargestellt. Ein erster Signalblock Y1 mit den Komponenten Y11, Y12, Y13, Y14 besteht aus den ersten vier Komponenten K1, K2, K3, K4 der Signalfolge S. Ein zweiter Signalblock Y2 mit den Komponenten Y21, Y22, Y23, Y24 besteht aus der fünften bis achten Komponente K5, K6, M7, M8 der Sig-  
25 nalfolge S, während ein dritter Signalblock Y3 mit den Komponenten Y31, Y32, Y33, Y34 aus der dritten bis sechsten Komponente K3, K4, K5, K6 der Signalfolge S besteht. Es gilt:  
Y13=Y31, Y14=Y32, Y21=Y33 und Y22=Y34. Die letzten beiden Komponenten K9, K10 der Signalfolge S werden erst verwendet,  
30 wenn bei einer sich an den Funkblock d anschließenden Übertragung eines weiteren Funkblocks ein mit dem zweiten Signalblock Y2 überlappender Signalblock gebildet wird. Die Schätzung der gesendeten Dateneinheiten d11, d12, d13, d14, d21,

d22, d23, d24 erfolgt in gleicher Weise wie für Figur 3 beschrieben. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass die zyklischen Übertragungsmatrizen  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$  quadratisch sind und daher inverse Übertragungsmatrizen  $C1^{-1}$ ,  $C2^{-1}$ ,  $C3^{-1}$  anstelle pseudoinverser Übertragungsmatrizen haben. Es gilt:  $C1^{-1} * Y1 = d1'$ ,  $C2^{-1} * Y2 = d2'$  und  $C3^{-1} * Y3 = d3'$ .

In Figur 5 sind Blockfehlerraten BER für geschätzte Dateneinheiten in Abhängigkeit vom Signal-zu-Rausch-Verhältnis SNR dargestellt. Verwendet wurden pseudoinverse und inverse Matrizen sowie verschiedene Signalblockgrößen und verschiedene Überlappungen zwischen den Signalblöcken, d. h. zwischen den Übertragungsmatrizen bzw. den entsprechenden Sendeblocks. Hierbei steht CMI für eine inverse zyklische Übertragungsmatrix und PI für eine pseudoinverse Übertragungsmatrix. Die weiteren Zahlen in jeder Zeile geben von links nach rechts die Größe der Signalblöcke sowie die Anzahl der zu Beginn und zum Ende eines geschätzten Sendeblocks verworfenen, d. h. nicht verwendeten Schätzwerte von gesendeten Dateneinheiten. Der Detektionsfehler der gesendeten Dateneinheiten entsteht sowohl aufgrund der durch Mehrwegeausbreitung hervorgerufenen Interferenzen zwischen den Dateneinheiten als auch durch ein Rauschen im Funkkanal, beispielsweise durch Datenübertragungen weiterer sendender Stationen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Schätzung von in einem Funkblock (d) über einen Funkkanal gesendeten Dateneinheiten (d11, d12, d13, 5 d14, d21, d22, d23, d24), bei dem
  - aufgrund der gesendeten Dateneinheiten (d11, d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24) in einer empfangenden Station (BS) eine Signalfolge (S) empfangen wird,
  - die Komponenten (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10) 10 der empfangenen Signalfolge (S) in der zeitlichen Reihenfolge ihres Empfangs mindestens einem ersten und einem zweiten Signalblock (X1, X2, X3; Y1, Y2, Y3) zugeordnet und blockweise verarbeitet werden, wobei die Signalblöcke (X1, X2, X3; Y1, Y2, Y3) derart überlappen, dass wenigstens eine Komponente (K3, K4, K5, K6, K7, K8) der empfan- 15 genen Signalfolge (S) beiden Signalblöcken (X1, X2, X3; Y1, Y2, Y3) angehört,
  - und Schätzwerte für die gesendeten Dateneinheiten (d11, d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24) anhand der Komponenten 20 beider Signalblöcke (X1, X2, X3; Y1, Y2, Y3) bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Überlappung der Signalblöcke (X1, X2, X3; Y1, Y2, Y3) 25 derart erfolgt, dass für wenigstens eine gesendete Dateneinheit (d13, d14, d21, d22) anhand beider Signalblöcke (X1, X2, X3; Y1, Y2, Y3) jeweils ein Schätzwert ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem 30 nach Ermittlung der beiden Schätzwerte ausschließlich der anhand eines der beiden Signalblöcke (d1, d2, d3) ermittelte Schätzwert für die wenigstens eine gesendete Dateneinheit (d13, d14, d21, d22) verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem  
den Signalblöcken (Y1, Y2, Y3) jeweils eine zyklische Über-  
tragungsmatrix (C1, C2, C3) zugeordnet wird und die Schätz-  
5 werte durch eine Multiplikation der Signalblöcke (Y1, Y2, Y3)  
mit der jeweiligen inversen Übertragungsmatrix berechnet wer-  
den.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem  
10 den Signalblöcken (X1, X2, X3) jeweils eine Übertragungsmat-  
rix (H1, H2, H3) mit Töplitzstruktur und Bandstruktur zuge-  
ordnet wird und die Schätzwerte durch eine Multiplikation der  
Signalblöcke (X1, X2, X3) mit der jeweiligen pseudoinversen  
Übertragungsmatrix berechnet werden.

15

6. Empfangende Station (BS) mit

- Mitteln (SE) zum Empfang einer Signalfolge (S) aufgrund  
von in einem Funkblock (d) gesendeten Dateneinheiten (d11,  
d12, d13, d14, d21, d22, d23, d24),
- 20 - Mitteln (P) zur Zuordnung der Komponenten (K1, K2, K3, K4,  
K5, K6, K7, K8, K9, K10) der empfangenen Signalfolge (S)  
in der zeitlichen Reihenfolge ihres Empfangs zu mindestens  
einem ersten und einem zweiten Signalblock (X1, X2, X3)  
und mit Mitteln (P) zur blockweisen Verarbeitung der Sig-  
25 nalblöcke (X1, X2, X3), wobei die Signalblöcke (X1, X2,  
X3) derart überlappen, dass wenigstens eine Komponente  
(K3, K4, K5, K6, K7, K8) der empfangenen Signalfolge bei-  
den Signalblöcken (X1, X2, X3) angehört,
- und mit Mitteln (P) zur Bestimmung von Schätzwerten für  
30 die gesendeten Dateneinheiten (d11, d12, d13, d14, d21,  
d22, d23, d24) anhand der Komponenten beider Signalblöcke  
(X1, X2, X3).



1/5

FIG 1

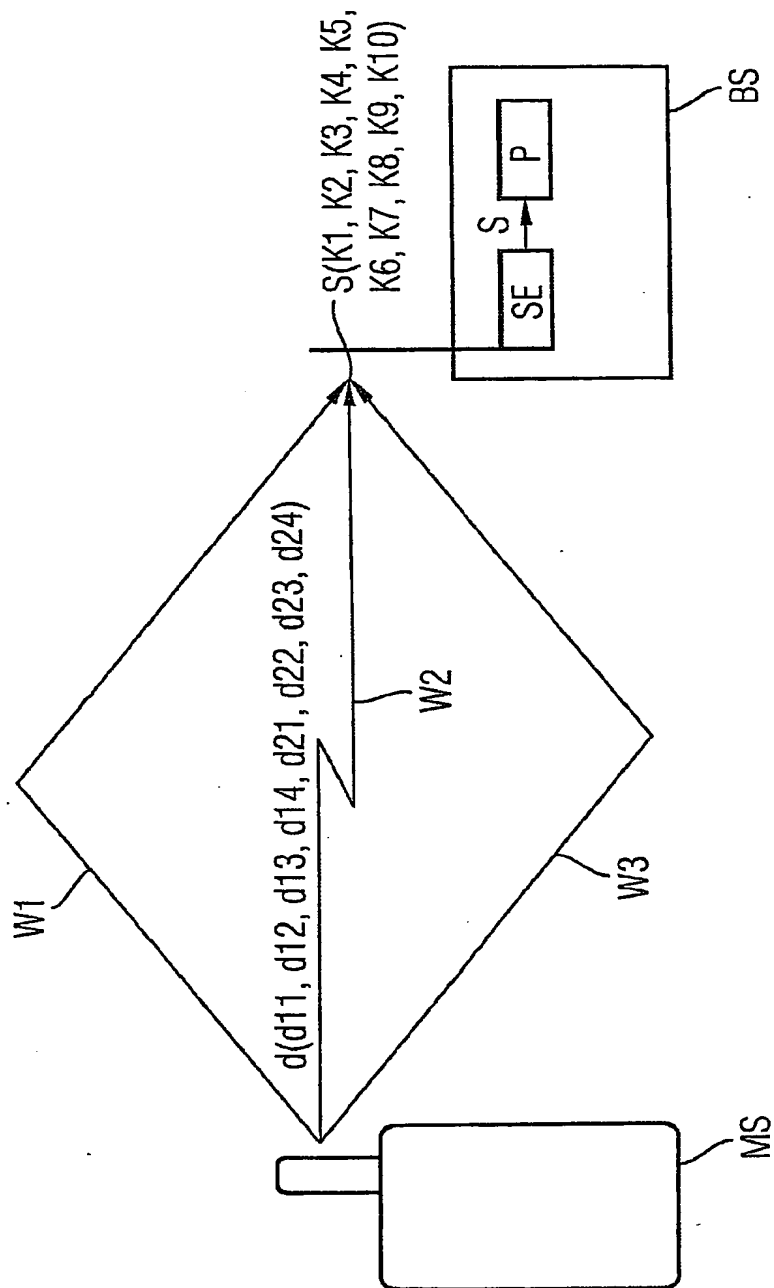
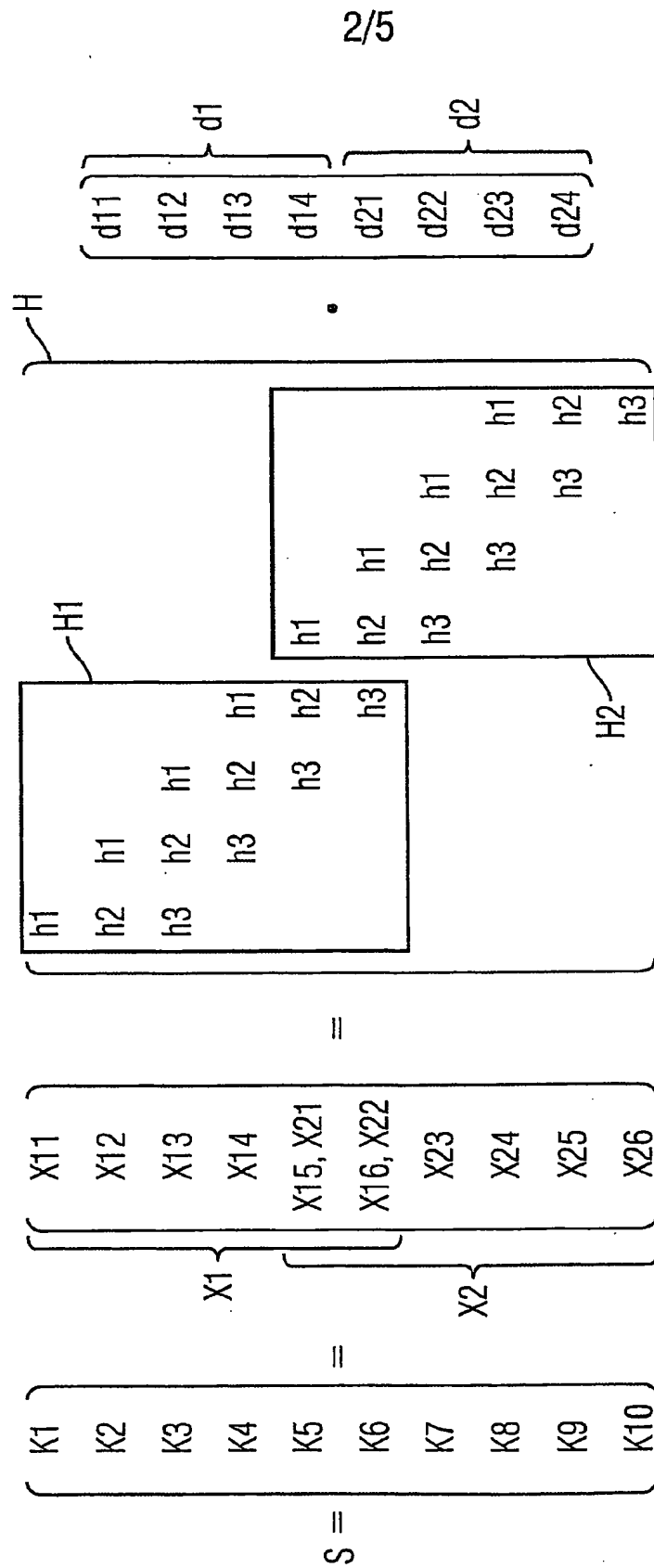


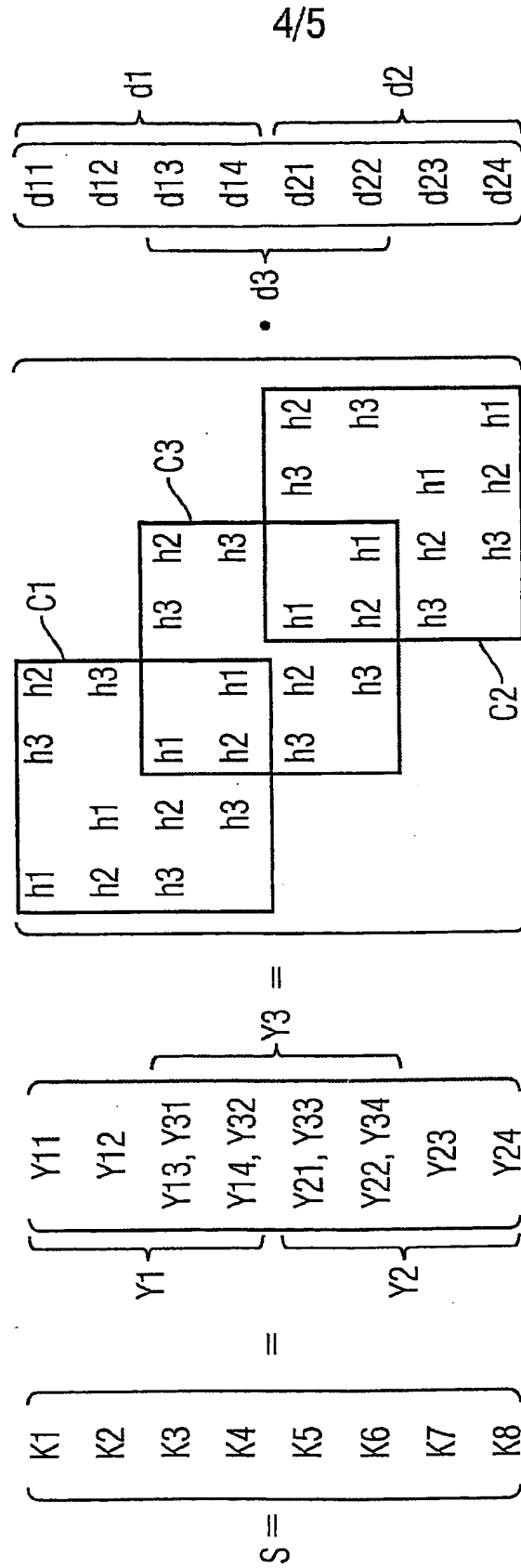
FIG 2



$$H1^{\#} \cdot X1 = d1'; H2^{\#} \cdot X2 = d2'$$



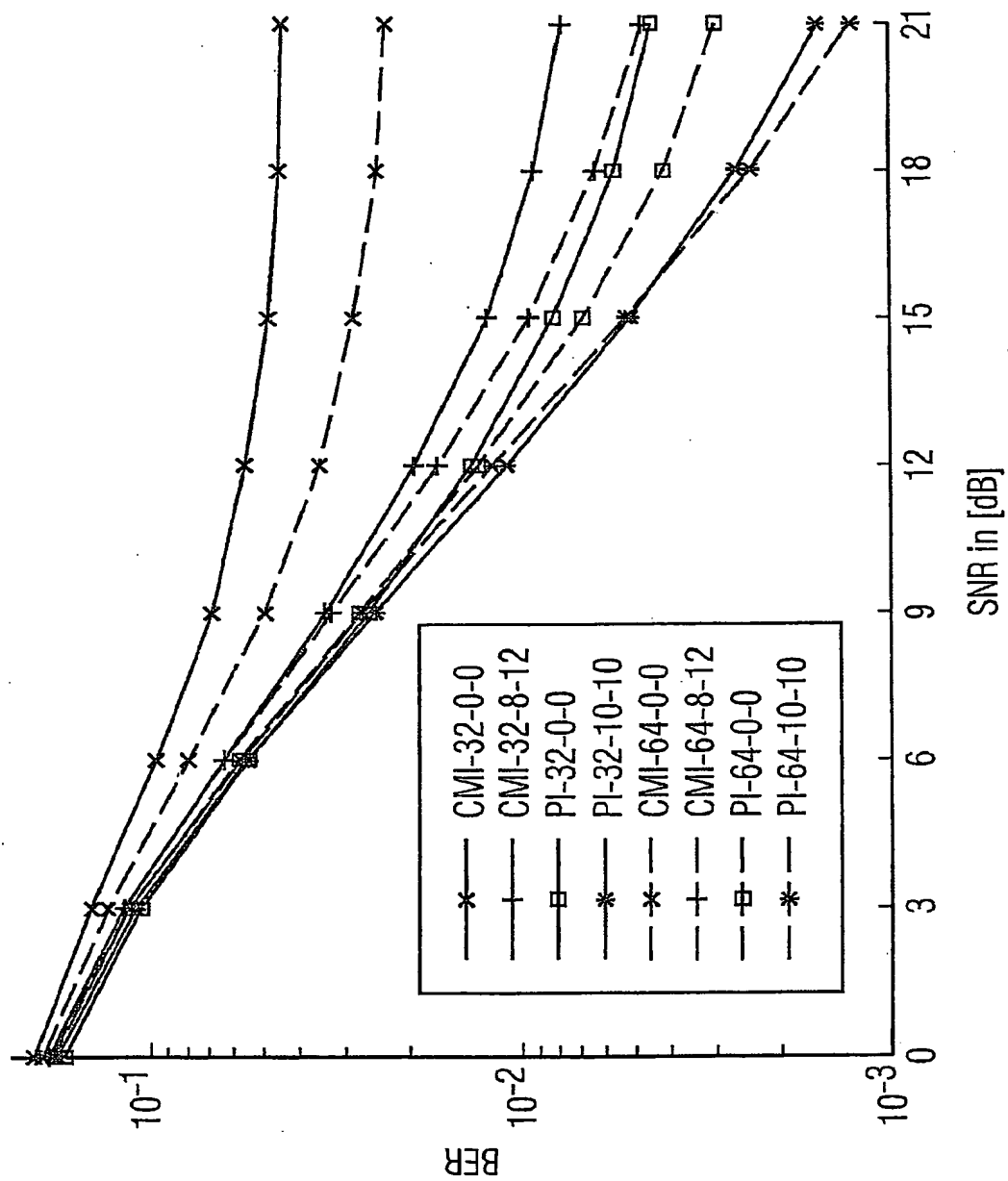
FIG 4



$$C1^{-1} \cdot Y1 = d1'; \quad C2^{-1} \cdot Y2 = d2'; \quad C3^{-1} \cdot Y3 = d3'$$

5/5

FIG 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/050709

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04L25/03

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | US 6 345 076 B1 (GERSTACKER WOLFGANG ET AL) 5 February 2002 (2002-02-05)<br>column 3, line 65 - column 4, line 32<br>-----<br>-/-- | 1-6                   |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

5 October 2004

Date of mailing of the international search report

14/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Orozco Roura, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/050709

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | <p>SINN C V ET AL: "Comparative study of techniques to compute FIR filter weights in adaptive channel equalization"</p> <p>2003 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS. (ICASSP). HONG KONG, APRIL 6 - 10, 2003, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, NY : IEEE, US,</p> <p>vol. VOL. 1 OF 6,</p> <p>6 April 2003 (2003-04-06), pages VI217-VI220, XP010639455</p> <p>ISBN: 0-7803-7663-3</p> <p>Abschnitt 2.3.1</p>   | 4                     |
| A          | <p>TEPEDELENLIOGLU C ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Low complexity linear equalizers with maximum multipath diversity for zero-padded transmissions"</p> <p>2003 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS. (ICASSP). HONG KONG, APRIL 6 - 10, 2003, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, NY : IEEE, US,</p> <p>vol. VOL. 1 OF 6,</p> <p>6 April 2003 (2003-04-06), pages IV636-IV639, XP010641240</p> <p>ISBN: 0-7803-7663-3</p> <p>abstract</p> <p>page 636, right-hand column - page 637, left-hand column</p> | 5                     |

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/050709

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 6345076                                | B1                  | 05-02-2002                 |                     |
|   |                     | DE 19824408 A1             | 02-12-1999          |
|   |                     | CN 1237845 A               | 08-12-1999          |
|   |                     | EP 0963084 A2              | 08-12-1999          |
|   |                     | JP 2000068906 A            | 03-03-2000          |
|   |                     | TW 432843 B                | 01-05-2001          |



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/050709

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04L25/03

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                             | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | US 6 345 076 B1 (GERSTACKER WOLFGANG ET AL) 5. Februar 2002 (2002-02-05)<br>Spalte 3, Zeile 65 - Spalte 4, Zeile 32<br><br>-/- | 1-6                |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Orozco Roura, C

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | <p>SINN C V ET AL: "Comparative study of techniques to compute FIR filter weights in adaptive channel equalization"</p> <p>2003 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS. (ICASSP). HONG KONG, APRIL 6 - 10, 2003, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, NY : IEEE, US,</p> <p>Bd. VOL. 1 OF 6,</p> <p>6. April 2003 (2003-04-06), Seiten VI217-VI220, XP010639455</p> <p>ISBN: 0-7803-7663-3</p> <p>Abschnitt 2.3.1</p>  | 4                  |
| A          | <p>TEPEDELENLIOGLU C ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Low complexity linear equalizers with maximum multipath diversity for zero-padded transmissions"</p> <p>2003 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING. PROCEEDINGS. (ICASSP). HONG KONG, APRIL 6 - 10, 2003, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, NY : IEEE, US,</p> <p>Bd. VOL. 1 OF 6,</p> <p>6. April 2003 (2003-04-06), Seiten IV636-IV639, XP010641240</p> <p>ISBN: 0-7803-7663-3</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>Seite 636, rechte Spalte - Seite 637, linke Spalte</p> | 5                  |

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/050709

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 6345076   | B1                            | 05-02-2002                        |                               |
|  |                               | DE 19824408 A1                    | 02-12-1999                    |
|  |                               | CN 1237845 A                      | 08-12-1999                    |
|  |                               | EP 0963084 A2                     | 08-12-1999                    |
|  |                               | JP 2000068906 A                   | 03-03-2000                    |
|  |                               | TW 432843 B                       | 01-05-2001                    |